

PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of

Docket No: Q77661

Florent BEAUMONT, et al.

Appln. No.: 10/673,454

Group Art Unit: Not Assigned

Confirmation No.: 2005

Examiner: Not Assigned

Filed: September 30, 2003

For: A CHROMATIC DISPERSION COMPENSATION OPTICAL FIBER

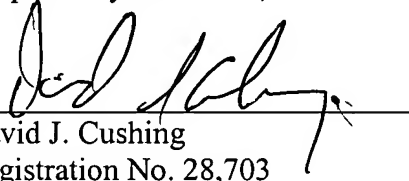
SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Submitted herewith is a certified copy of the priority document on which a claim to priority was made under 35 U.S.C. § 119. The Examiner is respectfully requested to acknowledge receipt of said priority document.

Respectfully submitted,



SUGHRUE MION, PLLC
Telephone: (202) 293-7060
Facsimile: (202) 293-7860

David J. Cushing
Registration No. 28,703

WASHINGTON OFFICE

23373

CUSTOMER NUMBER

Enclosures: France 0212403

Date: March 16, 2004



Q 77661
1981

BREVET D'INVENTION

WUN 10/673454

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le **26 SEP. 2003**

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersburg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr



26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

1er dépôt

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI




REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

15 540 W / 19 299

REMISE DES PIÈCES DATE: 7 OCT 2002 LIEU: 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT: 0212403 NATIONAL ATTRIBUE PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI: - 7 OCT. 2002		1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE COMPAGNIE FINANCIERE ALCATEL Département PI Régis VIGAND 30 avenue Kléber 75116 PARIS	
Vos références pour ce dossier (facultatif) 104271/RV/OOOFD/TPM			
Confirmation d'un dépôt par télécopie <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
2 NATURE DE LA DEMANDE		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale		N°	Date
ou demande de certificat d'utilité initiale		N°	Date
Transformation d'une demande de brevet européen		<input type="checkbox"/>	Date
Demande de brevet initiale		N°	Date
3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) FIBRE OPTIQUE A COMPENSATION DE DISPERSION CHROMATIQUE			
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation Date / / N° Pays ou organisation Date / / N° Pays ou organisation Date / / N° <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
5 DEMANDEUR		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale		ALCATEL	
Prénoms			
Forme juridique		Société Anonyme	
N° SIREN		5.4.2.0.1.9.0.9.6	
Code APE-NAF			
Adresse	Rue	54, rue La Boétie	
	Code postal et ville	75008 PARIS	
Pays		FRANCE	
Nationalité		Française	
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			



REMISE DES PIÈCES DATE 7 OCT 2002 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT 0212403 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI		DE 549 VI / 25/837	
Vos références pour ce dossier : <i>(facultatif)</i>			104271/RV/OOOFD/TPM		
6 MANDATAIRE					
Nom			VIGAND		
Prénom			Régis		
Cabinet ou Société			Compagnie Financière Alcatel		
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel			PG 9222		
Adresse	Rue		30 Avenue Kléber		
	Code postal et ville		75116 PARIS		
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>					
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>					
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>					
7 INVENTEUR (S)					
Les inventeurs sont les demandeurs			<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée		
8 RAPPORT DE RECHERCHE			Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)		
Établissement immédiat ou établissement différé			<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
Paiement échelonné de la redevance			Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non		
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES			Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention <i>(joindre un avis de non-imposition)</i> <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt <i>(joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence)</i>		
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes					
10 SIGNATURE DU DEMANDEUR XX DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)			Régis VIGAND / LC 40 B 		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI L. MARIELLO

FIBRE OPTIQUE A COMPENSATION DE DISPERSION CHROMATIQUE

L'invention concerne le domaine des fibres optiques pour réseau de transmission à multiplexage en longueur d'onde.

5 L'augmentation des débits d'information sur ce type de réseau impose une compensation de la dispersion chromatique et de la pente de dispersion sur une bande spectrale de plus en plus large. La bande dite S correspond à une bande spectrale allant approximativement de 1460nm à 1530nm. La bande dite C correspond à une bande spectrale allant approximativement de 1530nm à 10 1565nm. La bande dite L correspond à une bande spectrale allant approximativement de 1565nm à 1625nm. La bande dite U correspond à une bande spectrale allant approximativement de 1625nm à 1675nm. La bande spectrale la plus couramment utilisée est la bande C. De plus en plus, apparaît une tendance à vouloir, en plus de la bande C, utiliser les bandes S et L, voire même la bande U.

Dans l'art antérieur, il est connu d'associer certains types de fibres optiques à dispersion décalée réduisant les effets non-linéaires croisés (« non-zero dispersion shifted fiber » en terminologie anglo-saxonne correspondant à l'abréviation NZ-DSF) à des fibres de compensation de dispersion (« dispersion 20 compensating fiber » en terminologie anglo-saxonne correspondant à l'abréviation DCF), ce qui permet d'obtenir une ligne de transmission dont la dispersion est nulle sur une large plage spectrale.

Selon un premier art antérieur par exemple décrit dans la demande de brevet WO 01/01179, il est connu d'utiliser une fibre optique à compensation de 25 dispersion chromatique présentant une faible pente, mais le rapport dispersion chromatique sur pente de dispersion chromatique pour cette fibre optique est trop faible et ne permet pas de compenser efficacement des fibres de ligne de type NZDSF à pente de dispersion chromatique faible.

Selon un deuxième art antérieur présenté à la conférence 30 OECC/IOOC'01 dans un rapport intitulé « dispersion flattened fiber with high

negative dispersion », des simulations numériques présentent une fibre optique à compensation de dispersion chromatique dont le rapport dispersion chromatique sur pente de dispersion chromatique est très élevé, mais les simulations, présentées oralement à cette même conférence, ne les confirment pas et
5 présentent au contraire des valeurs usuelles dont un diamètre de mode de l'ordre de $4\mu\text{m}$.

L'invention propose une fibre optique à compensation de dispersion chromatique qui, ayant un rapport dispersion chromatique sur pente de dispersion chromatique suffisamment élevé, et avantageusement une pente de dispersion
10 chromatique faible, peut compenser une fibre optique de ligne de type NZ-DSF à faible pente de dispersion chromatique. La fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention possède également un diamètre de mode assez élevé, ce qui lui permet d'être utilisable dans des lignes de transmission optique à très hauts débits, par exemple supérieur à 40 Gigabits par
15 seconde. Le compromis réalisé par la fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention permet une compensation efficace sur une très large plage spectrale pouvant aller jusqu'à englober les bandes S, C, L et U.

Selon l'invention, il est prévu une fibre optique à compensation de dispersion chromatique sur plusieurs bandes spectrales dont au moins la bande
20 C, pour réseau de transmission à multiplexage en longueur d'onde, comportant successivement du centre vers la périphérie un cœur présentant un profil d'indice variable puis une gaine d'indice constant, le profil d'indice variable du cœur comportant successivement, du centre vers la périphérie, une tranche centrale d'indice maximum supérieur à l'indice de la gaine, une tranche enterrée d'indice
25 minimum inférieur à l'indice de la gaine, une tranche annulaire d'indice maximum supérieur à l'indice de la gaine et inférieur à l'indice maximum de la tranche centrale, les rayons et les indices de chacune des tranches étant déterminés de manière à ce que la fibre optique à compensation de dispersion présente, d'une part à la longueur d'onde de 1550nm, premièrement une
30 dispersion chromatique inférieure à -8ps/nm.km , deuxièmement un rapport

dispersion chromatique sur pente de dispersion chromatique dont la valeur absolue est supérieure à 750nm, troisièmement un diamètre de mode supérieur à $5\mu\text{m}$, et d'autre part à la longueur d'onde de 1625nm, des pertes par courbure pour un rayon de 10mm qui sont inférieures à 400dB/m.

5 De préférence, les rayons et les indices de chacune des tranches sont déterminés de manière à ce que la fibre optique à compensation de dispersion présente, à la longueur d'onde de 1550nm, un rapport dispersion chromatique sur pente de dispersion chromatique dont la valeur absolue est supérieure à 1500nm.

10 De préférence, la fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention compense la dispersion chromatique d'une fibre optique de ligne sur les bandes spectrales S, C, L et U.

De préférence, les rayons et les indices de chacune des tranches de la fibre optique à compensation de dispersion selon l'invention sont déterminés de manière à ce que ladite fibre optique à compensation de dispersion présente, à la 15 longueur d'onde de 1550nm, une pente de dispersion chromatique dont la valeur absolue est inférieure à $0,02\text{ps/nm}^2.\text{km}$.

De préférence, les rayons et les indices de chacune des tranches de la fibre optique à compensation de dispersion selon l'invention sont déterminés de manière à ce que ladite fibre optique à compensation de dispersion présente, 20 à la longueur d'onde de 1550nm, une surface effective supérieure à $20\mu\text{m}^2$.

La fibre optique à compensation de dispersion selon l'invention est associée à une fibre optique de ligne dans un système de transmission à fibre optique. Dans une forme de réalisation, le système de transmission à fibre optique 25 comprend l'association d'une fibre optique de ligne et d'une fibre optique à compensation de dispersion selon l'invention, en ligne. Dans une autre forme de réalisation, le système de transmission à fibre optique comprend l'association d'une fibre optique de ligne et d'une fibre optique à compensation de dispersion selon l'invention en module.

Dans un premier mode de réalisation préférentiel de l'invention, la fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention comprend un premier type de profil d'indice variable du cœur à trois tranches. Le premier type de profil d'indice variable du cœur est successivement constitué, du centre vers la périphérie, d'une tranche centrale d'indice maximum supérieur à l'indice de la gaine, d'une tranche enterrée d'indice minimum inférieur à l'indice de la gaine, d'une tranche annulaire d'indice maximum supérieur à l'indice de la gaine et inférieur à l'indice maximum de la tranche centrale. La tranche centrale est de préférence en forme de trapèze ou de rectangle, mais elle peut aussi être par exemple en forme de triangle ou en alpha. Les autres tranches sont de préférence en forme de rectangle, mais elles peuvent aussi être par exemple en forme de trapèze ou de triangle ou en alpha.

Afin d'augmenter l'étendue de la plage spectrale pour laquelle la dispersion chromatique de la fibre optique de ligne est compensée le plus efficacement possible par la fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention ainsi que les autres propriétés de la fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention, un certain nombre des plages ou de relations préférentielles notamment pour les indices et les rayons du deuxième type de profil d'indice du cœur vont maintenant être données.

Dans une première famille de fibres optiques à compensation de dispersion chromatique, les rayons et les indices de chacune des tranches sont déterminés de manière à ce que la fibre optique à compensation de dispersion présente, à la longueur d'onde de 1550nm, une dispersion chromatique comprise entre -40ps/nm.km et -8ps/nm.km. C'est dans cette première famille, plutôt que dans la deuxième famille décrite ultérieurement qu'il est particulièrement avantageux que la fibre optique à compensation de dispersion selon l'invention présente une faible pente de dispersion chromatique.

De préférence, la différence (Δn_2) entre l'indice minimum de la tranche enterrée et l'indice de la gaine est comprise entre $-3,0 \cdot 10^{-3}$ et $0,0 \cdot 10^{-3}$ et le rayon extérieur (r_2) de la tranche enterrée est compris entre $5,8 \mu\text{m}$ et $8,5 \mu\text{m}$.

De préférence, la différence (Δn_3) entre l'indice maximum de la tranche annulaire et l'indice de la gaine est comprise entre $1,0.10^{-3}$ et $6,0.10^{-3}$ et le rayon extérieur (r_3) de la tranche annulaire est compris entre $7,2\mu\text{m}$ et $9,7\mu\text{m}$...

De préférence, la valeur du double de l'intégrale ($S_1 = 2 \cdot \int_0^{r_1} \Delta n(r) \cdot r \cdot dr$), entre un rayon nul et le rayon (r_1) de la partie de la tranche centrale présentant un indice supérieur à l'indice de la gaine, du produit du rayon par la différence d'indice par rapport à la gaine, est comprise entre 39.10^{-3} et $65.10^{-3} \mu\text{m}^2$.

De préférence, la valeur du double de l'intégrale ($S_2 = 2 \cdot \int_{r_1}^{r_2} \Delta n(r) \cdot r \cdot dr$), entre le rayon (r_1) de la partie de la tranche centrale présentant un indice supérieur à l'indice de la gaine et le rayon (r_2) de la partie de la tranche enterrée présentant un indice inférieur à l'indice de la gaine, du produit du rayon par la différence d'indice par rapport à la gaine, est comprise entre -150.10^{-3} et $-10.10^{-3} \mu\text{m}^2$.

De préférence, la valeur du double de l'intégrale ($S_3 = 2 \cdot \int_{r_2}^{r_3} \Delta n(r) \cdot r \cdot dr$), entre le rayon (r_2) de la partie de la tranche enterrée présentant un indice inférieur à l'indice de la gaine et le rayon (r_3) de la partie de la tranche annulaire présentant un indice supérieur à l'indice de la gaine, du produit du rayon par la différence d'indice par rapport à la gaine, est comprise entre 30.10^{-3} et $140.10^{-3} \mu\text{m}^2$.

De préférence, la valeur du triple de l'intégrale ($S_{11} = 3 \cdot \int_0^{r_1} \Delta n(r) \cdot r^2 \cdot dr$), entre un rayon nul et le rayon (r_1) de la partie de la tranche centrale présentant un indice supérieur à l'indice de la gaine, du produit du carré du rayon par la différence d'indice par rapport à l'indice de la gaine, est comprise entre $59.10^{-3} \mu\text{m}^3$ et $123.10^{-3} \mu\text{m}^3$.

Lorsque la tranche centrale est en forme de rectangle, la différence (Δn_1) entre l'indice maximum de la tranche centrale et l'indice de la gaine est

préférentiellement comprise entre $14,0.10^{-3}$ et $20,0.10^{-3}$ et le rayon (r_1) de la partie de la tranche centrale présentant un indice supérieur à l'indice de la gaine est préférentiellement compris entre $1,4\mu\text{m}$ et $1,9\mu\text{m}$.

Lorsque la tranche centrale est en forme de trapèze, la différence (Δn_1) entre l'indice maximum de la tranche centrale et l'indice de la gaine est préférentiellement comprise entre $14,0.10^{-3}$ et $20,0.10^{-3}$, le rayon (r_1) de la partie de la tranche centrale présentant un indice supérieur à l'indice de la gaine est préférentiellement compris entre $1,4\mu\text{m}$ et $1,9\mu\text{m}$ et le rayon (r_{1o}) de la partie de la tranche centrale présentant l'indice maximum de la tranche centrale est préférentiellement compris entre $1,3\mu\text{m}$ et $1,9\mu\text{m}$.

Dans une deuxième famille de fibres optiques à compensation de dispersion chromatique, les rayons et les indices de chacune des tranches sont déterminés de manière à ce que la fibre optique à compensation de dispersion présente, à la longueur d'onde de 1550nm , une dispersion chromatique inférieure à -40ps/nm.km .

De préférence, la différence (Δn_2) entre l'indice minimum de la tranche enterrée et l'indice de la gaine est comprise entre $-5,0.10^{-3}$ et $0,0.10^{-3}$ et le rayon extérieur (r_2) de la tranche enterrée est compris entre $3,7\mu\text{m}$ et $6,7\mu\text{m}$.

De préférence, la différence (Δn_3) entre l'indice maximum de la tranche annulaire et l'indice de la gaine est comprise entre $1,0.10^{-3}$ et $8,0.10^{-3}$ et le rayon extérieur (r_3) de la tranche annulaire est compris entre $6,1\mu\text{m}$ et $8,4\mu\text{m}$.

De préférence, la valeur du double de l'intégrale ($S_1 = 2 \cdot \int_0^{r_1} \Delta n(r) \cdot r \cdot dr$), entre un rayon nul et le rayon (r_1) de la partie de la tranche centrale présentant un indice supérieur à l'indice de la gaine, du produit du rayon par la différence d'indice par rapport à la gaine, est comprise entre 32.10^{-3} et $52.10^{-3} \mu\text{m}^2$.

De préférence, la valeur du double de l'intégrale ($S_2 = 2 \cdot \int_{r_1}^{r_2} \Delta n(r) \cdot r \cdot dr$), entre le rayon (r_1) de la partie de la tranche centrale présentant un indice supérieur à l'indice de la gaine et le rayon (r_2) de la partie de la tranche enterrée

présentant un indice inférieur à l'indice de la gaine, du produit du rayon par la différence d'indice par rapport à la gaine, est comprise entre -70.10^{-3} et $-4.10^{-3} \mu\text{m}^2$.

De préférence, la valeur du double de l'intégrale ($S_3 = 2 \cdot \int_{r_2}^{r_3} \Delta n(r) \cdot r \cdot dr$),

5 entre le rayon (r_2) de la partie de la tranche enterrée présentant un indice inférieur à l'indice de la gaine et le rayon (r_3) de la partie de la tranche annulaire présentant un indice supérieur à l'indice de la gaine, du produit du rayon par la différence d'indice par rapport à la gaine, est comprise entre 7.10^{-3} et $150.10^{-3} \mu\text{m}^2$.

10 De préférence, la valeur du triple de l'intégrale ($S_{11} = 3 \cdot \int_0^{r_1} \Delta n(r) \cdot r^2 \cdot dr$), entre

un rayon nul et le rayon (r_1) de la partie de la tranche centrale présentant un indice supérieur à l'indice de la gaine, du produit du carré du rayon par la différence d'indice par rapport à l'indice de la gaine, est comprise entre $40.10^{-3} \mu\text{m}^3$ et $80.10^{-3} \mu\text{m}^3$.

15 Lorsque la tranche centrale est en forme de rectangle, la différence (Δn_1) entre l'indice maximum de la tranche centrale et l'indice de la gaine est préférentiellement comprise entre $17,0.10^{-3}$ et $25,0.10^{-3}$ et le rayon (r_1) de la partie de la tranche centrale présentant un indice supérieur à l'indice de la gaine est préférentiellement compris entre $1,2 \mu\text{m}$ et $1,7 \mu\text{m}$.

20 Lorsque la tranche centrale est en forme de trapèze, la différence (Δn_1) entre l'indice maximum de la tranche centrale et l'indice de la gaine est préférentiellement comprise entre $17,0.10^{-3}$ et $25,0.10^{-3}$, le rayon (r_1) de la partie de la tranche centrale présentant un indice supérieur à l'indice de la gaine est préférentiellement compris entre $1,2 \mu\text{m}$ et $1,7 \mu\text{m}$ et le rayon (r_{1a}) de la partie de
25 la tranche centrale présentant l'indice maximum de la tranche centrale est préférentiellement compris entre $1,1 \mu\text{m}$ et $1,7 \mu\text{m}$.

De préférence, pour toutes les fibres optiques à compensation de dispersion chromatique selon l'invention correspondant au premier mode de

réalisation, les rayons et les indices de chacune des tranches sont déterminés de manière à ce que la fibre optique à compensation de dispersion présente une longueur d'onde de coupure théorique supérieure à 1600nm.

Dans un deuxième mode de réalisation préférentiel de l'invention, la fibre
5 optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention comprend un deuxième type de profil d'indice variable du cœur à quatre tranches. Le deuxième type de profil d'indice variable du cœur est successivement constitué, du centre vers la périphérie, d'une tranche centrale d'indice maximum supérieur à l'indice de la gaine, d'une première tranche enterrée d'indice minimum inférieur à l'indice
10 de la gaine, d'une tranche annulaire d'indice maximum supérieur à l'indice de la gaine et inférieur à l'indice maximum de la tranche centrale, d'une deuxième tranche enterrée d'indice minimum inférieur à l'indice de la gaine. La tranche centrale est de préférence en forme de rectangle, mais elle peut aussi être en forme de trapèze ou de triangle ou en alpha. Les autres tranches sont de
15 préférence en forme de rectangle, mais elles peuvent aussi être par exemple en forme de trapèze ou de triangle ou en alpha.

Dans un troisième mode de réalisation, la fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention comprend un troisième type de profil d'indice variable du cœur qui est successivement constitué, du centre vers la
20 périphérie, d'une tranche centrale d'indice maximum supérieur à l'indice de la gaine, d'une tranche enterrée d'indice minimum inférieur à l'indice de la gaine, d'une première tranche annulaire d'indice maximum supérieur à l'indice de la gaine et inférieur à l'indice maximum de la tranche centrale, d'une deuxième tranche annulaire d'indice maximum supérieur à l'indice de la gaine et supérieur
25 à l'indice de la première tranche annulaire. La tranche centrale est de préférence en forme de rectangle, mais elle peut aussi être en forme de trapèze ou de triangle ou en alpha. Les autres tranches sont de préférence en forme de rectangle, mais elles peuvent aussi être par exemple en forme de trapèze ou de triangle ou en alpha.

Dans un quatrième mode de réalisation, la fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention comprend un quatrième type de profil d'indice variable du cœur qui est successivement constitué, du centre vers la périphérie, d'une tranche centrale d'indice maximum supérieur à l'indice de la gaine, d'une première tranche enterrée d'indice minimum inférieur à l'indice de la gaine, d'une deuxième tranche enterrée d'indice minimum inférieur à l'indice de la gaine et supérieur à l'indice de la première tranche enterrée, d'une tranche annulaire d'indice maximum supérieur à l'indice de la gaine et inférieur à l'indice maximum de la tranche centrale. La tranche centrale est de préférence en forme de rectangle, mais elle peut aussi être en forme de trapèze ou de triangle ou en alpha. Les autres tranches sont de préférence en forme de rectangle, mais elles peuvent aussi être par exemple en forme de trapèze ou de triangle ou en alpha.

De préférence, pour toutes les fibres optiques à compensation de dispersion chromatique selon l'invention correspondant aux deuxième, troisième et quatrième modes de réalisation, les rayons et les indices de chacune des tranches sont déterminés de manière à ce que la fibre optique à compensation de dispersion présente une longueur d'onde de coupure théorique supérieure à 1550nm.

L'invention sera mieux comprise et d'autres particularités et avantages apparaîtront à l'aide de la description ci-après et des dessins joints, donnés à titre d'exemples, où :

- la figure 1 représente schématiquement un exemple de premier type de profil à trois tranches d'une fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention ;

- la figure 2 représente un tableau comprenant les valeurs de rayons et de différences d'indice pour une dizaine d'exemples de profils de cet exemple de premier type de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention ;

- la figure 3 représente un tableau comprenant certaines propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 2 ;

5 - la figure 4 représente un tableau comprenant d'autres propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 2 ;

- la figure 5 représente un tableau comprenant d'autres propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 2 ;

10 - la figure 6 représente un tableau comprenant d'autres propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 2 ;

- la figure 7 représente schématiquement un autre exemple de premier type de profil à trois tranches d'une fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention ;

15 - la figure 8 représente un tableau comprenant les valeurs de rayons et de différences d'indice pour une dizaine d'exemples de profils de cet autre exemple de premier type de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention ;

20 - la figure 9 représente un tableau comprenant certaines propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 8 ;

- la figure 10 représente un tableau comprenant d'autres propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 8 ;

25 - la figure 11 représente un tableau comprenant d'autres propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 8 ;

- la figure 12 représente un tableau comprenant d'autres propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 8 ;

- la figure 13 représente schématiquement des deuxième, troisième et quatrième types de profil à quatre tranches d'une fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention ;

- la figure 14 représente un tableau comprenant les valeurs de rayons et de différences d'indice pour une dizaine d'exemples des deuxième, troisième et quatrième types de profil de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention ;

- la figure 15 représente un tableau comprenant certaines propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 14 ;

- la figure 16 représente un tableau comprenant d'autres propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 14 ;

- la figure 17 représente un tableau comprenant d'autres propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 14 ;

- la figure 18 représente un tableau comprenant d'autres propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 14 ;

- la figure 19 représente la variation de la dispersion chromatique dans les bandes S, C, L et U, des exemples de profil n°8a, n°8b et n°2c.

La figure 1 représente schématiquement un exemple de premier type de profil à trois tranches d'une fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention. La première tranche appelée tranche centrale présente une différence maximale d'indice Δn_1 avec l'indice constant de la gaine et un rayon extérieur r_1 . La différence d'indice maximale Δn_1 est positive. De

préférence, entre un rayon nul et le rayon r_1 , l'indice est constant et maximum. La deuxième tranche appelée tranche enterrée présente une différence maximale d'indice Δn_2 avec l'indice constant de la gaine et un rayon extérieur r_2 . La différence d'indice maximale Δn_2 est négative. De préférence, entre le rayon r_1 et le rayon r_2 , l'indice est constant. La troisième tranche appelée tranche annulaire présente une différence maximale d'indice Δn_3 avec l'indice constant de la gaine et un rayon extérieur r_3 . La différence d'indice maximale Δn_3 est positive. De préférence, entre le rayon r_2 et le rayon r_3 , l'indice est constant. Au-delà du rayon r_3 se trouve la gaine d'indice constant.

La figure 2 représente un tableau comprenant les valeurs de rayons et de différences d'indice pour une dizaine d'exemples de profils de cet exemple de premier type de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention. La colonne de gauche comprend la dénomination des exemples du n°1a au n°10a. Les trois colonnes suivantes expriment en μm des rayons du profil d'indice variable de cœur. Les trois dernières colonnes expriment mille fois des différences d'indice (sans unité).

La figure 3 représente un tableau comprenant certaines propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 2. La colonne de gauche comprend la dénomination des exemples du n°1a au n°10a. Pour chaque exemple considéré, les autres colonnes représentent des propriétés de la fibre optique correspondant à l'exemple considéré. La colonne suivante représente la pente de dispersion chromatique C' exprimée en $\text{ps}/\text{nm}^2.\text{km}$ à une longueur d'onde valant 1550nm . La colonne suivante représente le rapport dispersion chromatique C sur pente de dispersion chromatique C' exprimée en nm à une longueur d'onde valant 1550nm . La colonne suivante représente le diamètre de mode $2W_{02}$, à la longueur d'onde de 1550nm , exprimé en μm . La dernière colonne représente la longueur de coupure théorique λ_{ch} exprimée en nm .

La figure 4 représente un tableau comprenant d'autres propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon

l'invention définis à la figure 2. La colonne de gauche comprend la dénomination des exemples déjà expliquée ci-dessus. Pour chaque exemple considéré, les autres colonnes représentent des propriétés de la fibre optique correspondant à l'exemple considéré. Les quatre colonnes suivantes représentent des surfaces effectives S_{eff} exprimées en μm^2 respectivement aux longueurs d'onde de 1460nm, 1550nm, 1625nm et 1675nm.

La figure 5 représente un tableau comprenant d'autres propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 2. La colonne de gauche comprend la dénomination des exemples déjà expliquée ci-dessus. Pour chaque exemple considéré, les autres colonnes représentent des propriétés de la fibre optique correspondant à l'exemple considéré. Les quatre colonnes suivantes représentent des dispersions chromatiques C exprimées en ps/nm.km respectivement aux longueurs d'onde de 1460nm, 1550nm, 1625nm et 1675nm.

La figure 6 représente un tableau comprenant d'autres propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 2. La colonne de gauche comprend la dénomination des exemples déjà expliquée ci-dessus. Pour chaque exemple considéré, les autres colonnes représentent des propriétés de la fibre optique correspondant à l'exemple considéré. Les trois colonnes suivantes représentent des seuils maximum de pertes par courbure exprimées en dB/m pour un rayon de 10mm respectivement aux longueurs d'onde de 1550nm, 1625nm et 1675nm. Par exemple, pour l'exemple 1a, lesdites pertes par courbure sont inférieures à 3dB/m. Les trois colonnes suivantes représentent des seuils maximum de pertes par courbure exprimées en dB/m pour un rayon de 30mm respectivement aux longueurs d'onde de 1550nm, 1625nm et 1675nm.

La figure 7 représente schématiquement un autre exemple de premier type de profil à trois tranches d'une fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention. La première tranche appelée tranche centrale présente une différence maximale d'indice Δn_1 avec l'indice constant de la gaine

et un rayon extérieur r_{1b} . La différence d'indice maximale Δn_1 est positive. De préférence, entre un rayon nul et le rayon r_{1a} , l'indice est constant et maximum, il devient égal à celui de la gaine pour une valeur r_1 du rayon et atteint celui de la deuxième tranche pour une valeur r_{1b} . La deuxième tranche appelée tranche enterrée présente une différence maximale d'indice Δn_2 avec l'indice constant de la gaine et un rayon extérieur r_2 . La différence d'indice maximale Δn_2 est négative. De préférence, entre le rayon r_{1b} et le rayon r_2 , l'indice est constant. La troisième tranche appelée tranche annulaire présente une différence maximale d'indice Δn_3 avec l'indice constant de la gaine et un rayon extérieur r_3 . La différence d'indice maximale Δn_3 est positive. De préférence, entre le rayon r_2 et le rayon r_3 , l'indice est constant. Au-delà du rayon r_3 se trouve la gaine d'indice constant.

La figure 8 représente un tableau comprenant les valeurs de rayons et de différences d'indice pour une dizaine d'exemples de profils de cet autre exemple de premier type de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention. La colonne de gauche comprend la dénomination des exemples du n°1b au n°10b. Les cinq colonnes suivantes expriment en μm des rayons du profil d'indice variable de cœur. Les trois dernières colonnes expriment mille fois des différences d'indice (sans unité).

La figure 9 représente un tableau comprenant certaines propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 8. Sa description est analogue à celle de la figure 3.

La figure 10 représente un tableau comprenant d'autres propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 8. Sa description est analogue à celle de la figure 4.

La figure 11 représente un tableau comprenant d'autres propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 8. Sa description est analogue à celle de la figure 5.

La figure 12 représente un tableau comprenant d'autres propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 8. Sa description est analogue à la figure 6.

La figure 13 représente schématiquement des deuxième, troisième et
5 quatrième types de profil à quatre tranches d'une fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention. La première tranche appelée tranche centrale présente une différence maximale d'indice Δn_1 avec l'indice constant de la gaine et un rayon extérieur r_1 . La différence d'indice maximale Δn_1 est positive. De préférence, entre un rayon nul et le rayon r_1 , l'indice est constant. La
10 deuxième tranche appelée tranche enterrée présente une différence maximale d'indice Δn_2 avec l'indice constant de la gaine et un rayon extérieur r_2 . La différence d'indice maximale Δn_2 est négative. De préférence, entre le rayon r_1 et le rayon r_2 , l'indice est constant. Pour les deuxième et troisième types de profil, la troisième tranche appelée tranche annulaire présente une différence maximale
15 d'indice Δn_3 avec l'indice constant de la gaine et un rayon extérieur r_3 . La différence d'indice maximale Δn_3 est positive. De préférence, entre le rayon r_2 et le rayon r_3 , l'indice est constant. Pour le quatrième type de profil, la troisième tranche appelée tranche enterrée présente une différence maximale d'indice Δn_3 avec l'indice constant de la gaine et un rayon extérieur r_3 . La différence d'indice
20 maximale Δn_3 est négative. De préférence, entre le rayon r_2 et le rayon r_3 , l'indice est constant. Pour le deuxième type de profil, la quatrième tranche appelée tranche enterrée présente une différence maximale d'indice Δn_4 avec l'indice constant de la gaine et un rayon extérieur r_4 . La différence d'indice maximale Δn_4 est négative. De préférence, entre le rayon r_3 et le rayon r_4 ,
25 l'indice est constant. Au-delà du rayon r_4 se trouve la gaine d'indice constant. Pour les troisième et quatrième types de profil, la quatrième tranche appelée tranche annulaire présente une différence maximale d'indice Δn_4 avec l'indice constant de la gaine et un rayon extérieur r_4 . La différence d'indice maximale Δn_4 est positive. De préférence, entre le rayon r_3 et le rayon r_4 , l'indice est constant.
30 Au-delà du rayon r_4 se trouve la gaine d'indice constant.

La figure 14 représente un tableau comprenant les valeurs de rayons et de différences d'indice pour une dizaine d'exemples des deuxième, troisième et quatrième types de profil de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention. La colonne de gauche comprend la dénomination des exemples du n°1c au n°10c. Les quatre colonnes suivantes expriment en μm des rayons du profil d'indice variable de cœur. Les quatre dernières colonnes expriment mille fois des différences d'indice (sans unité).

La figure 15 représente un tableau comprenant certaines propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 14. Sa description est analogue à celle de la figure 3.

La figure 16 représente un tableau comprenant d'autres propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 14. Sa description est analogue à celle de la figure 4.

La figure 17 représente un tableau comprenant d'autres propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 14. Sa description est analogue à celle de la figure 5.

La figure 18 représente un tableau comprenant d'autres propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 14. Sa description est analogue à la figure 6.

La figure 19 représente la variation de la dispersion chromatique dans les bandes S, C, L et U, des exemples de profil n°8a, n°8b et n°2c, respectivement par le biais des courbes A, A' et A'' dans lesquelles la dispersion chromatique C exprimée en ps/nm.km est située en ordonnée tandis que la longueur d'onde λ exprimée en nm est située en abscisse.

REVENDECATIONS

1. Fibre optique à compensation de dispersion chromatique sur plusieurs bandes spectrales dont au moins la bande C,

5 pour réseau de transmission à multiplexage en longueur d'onde, comportant successivement du centre vers la périphérie un cœur présentant un profil d'indice variable puis une gaine d'indice constant, le profil d'indice variable du cœur comportant successivement, du centre vers la périphérie,

10 une tranche centrale d'indice maximum supérieur à l'indice de la gaine, une tranche enterrée d'indice minimum inférieur à l'indice de la gaine, une tranche annulaire d'indice maximum supérieur à l'indice de la gaine et inférieur à l'indice maximum de la tranche centrale,

les rayons et les indices de chacune des tranches étant déterminés de
15 manière à ce que la fibre optique à compensation de dispersion présente, d'une part à la longueur d'onde de 1550nm, premièrement une dispersion chromatique inférieure à -8ps/nm.km, deuxièmement un rapport dispersion chromatique sur pente de dispersion chromatique dont la valeur absolue est supérieure à 750nm,

20 troisièmement un diamètre de mode supérieur à 5μm, et d'autre part à la longueur d'onde de 1625nm, des pertes par courbure pour un rayon de 10mm qui sont inférieures à 400dB/m.

2. Fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon la
25 revendication 1, caractérisée en ce que les rayons et les indices de chacune des tranches sont déterminés de manière à ce que la fibre optique à compensation de dispersion présente, à la longueur d'onde de 1550nm, un rapport dispersion chromatique sur pente de dispersion chromatique dont la valeur absolue est supérieure à 1500nm.

30

3. Fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que la fibre optique à compensation de dispersion chromatique compense la dispersion chromatique d'une fibre optique de ligne sur les bandes spectrales S, C, L et U.

5

4. Fibre optique à compensation de dispersion selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que le profil d'indice variable du cœur est successivement constitué, du centre vers la périphérie,

d'une tranche centrale d'indice maximum supérieur à l'indice de la gaine,
10 d'une tranche enterrée d'indice minimum inférieur à l'indice de la gaine,
d'une tranche annulaire d'indice maximum supérieur à l'indice de la gaine et inférieur à l'indice maximum de la tranche centrale.

5. Fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon la
15 revendication 4, caractérisée en ce que les rayons et les indices de chacune des tranches sont déterminés de manière à ce que la fibre optique à compensation de dispersion présente, à la longueur d'onde de 1550nm, une dispersion chromatique comprise entre -40ps/nm.km et -8ps/nm.km.

6. Fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon la
20 revendication 5,

caractérisée en ce que la différence (Δn_2) entre l'indice minimum de la tranche enterrée et l'indice de la gaine est comprise entre $-3,0 \cdot 10^{-3}$ et $0,0 \cdot 10^{-3}$,
et en ce que le rayon extérieur (r_2) de la tranche enterrée est compris entre
25 $5,8\mu\text{m}$ et $8,5\mu\text{m}$.

7. Fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'une quelconque des revendications 5 à 6,

caractérisée en ce que la différence (Δn_3) entre l'indice maximum de la
30 tranche annulaire et l'indice de la gaine est comprise entre $1,0 \cdot 10^{-3}$ et $6,0 \cdot 10^{-3}$,

et en ce que le rayon extérieur (r_3) de la tranche annulaire est compris entre $7,2\mu\text{m}$ et $9,7\mu\text{m}$.

8. Fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'une
5 quelconque des revendications 5 à 7, caractérisée en ce que la valeur du double

de l'intégrale ($S_1 = 2 \cdot \int_0^{r_1} \Delta n(r) \cdot r \cdot dr$), entre un rayon nul et le rayon (r_1) de la partie de
la tranche centrale présentant un indice supérieur à l'indice de la gaine, du
produit du rayon par la différence d'indice par rapport à la gaine, est comprise
entre $39 \cdot 10^{-3}$ et $65 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}^2$.

10

9. Fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'une
quelconque des revendications 5 à 8, caractérisée en ce que la valeur du double

de l'intégrale ($S_2 = 2 \cdot \int_{r_1}^{r_2} \Delta n(r) \cdot r \cdot dr$), entre le rayon (r_1) de la partie de la tranche
centrale présentant un indice supérieur à l'indice de la gaine et le rayon (r_2) de la
15 partie de la tranche enterrée présentant un indice inférieur à l'indice de la gaine,
du produit du rayon par la différence d'indice par rapport à la gaine, est comprise
entre $-150 \cdot 10^{-3}$ et $-10 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}^2$.

10 Fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'une
20 quelconque des revendications 5 à 9, caractérisée en ce que la valeur du double

de l'intégrale ($S_3 = 2 \cdot \int_{r_2}^{r_3} \Delta n(r) \cdot r \cdot dr$), entre le rayon (r_2) de la partie de la tranche
enterrée présentant un indice inférieur à l'indice de la gaine et le rayon (r_3) de la
partie de la tranche annulaire présentant un indice supérieur à l'indice de la
gaine, du produit du rayon par la différence d'indice par rapport à la gaine, est
25 comprise entre $30 \cdot 10^{-3}$ et $140 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}^2$.

11. Fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'une quelconque des revendications 5 à 10, caractérisée en ce que la valeur du triple de l'intégrale ($S_{11} = 3 \cdot \int_0^{r_1} \Delta n(r) \cdot r^2 \cdot dr$), entre un rayon nul et le rayon (r_1) de la partie de la tranche centrale présentant un indice supérieur à l'indice de la gaine, du produit du carré du rayon par la différence d'indice par rapport à l'indice de la gaine, est comprise entre $59 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}^3$ et $123 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}^3$.

12. Fibre optique à compensation de dispersion selon l'une quelconque des revendications 5 à 11, caractérisée en ce que la tranche centrale est en forme de rectangle.

13. Fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon la revendication 12, caractérisée en ce que la différence (Δn_1) entre l'indice maximum de la tranche centrale et l'indice de la gaine est comprise entre $14,0 \cdot 10^{-3}$ et $20,0 \cdot 10^{-3}$, et en ce que le rayon (r_1) de la partie de la tranche centrale présentant un indice supérieur à l'indice de la gaine est compris entre $1,4 \mu\text{m}$ et $1,9 \mu\text{m}$.

14. Fibre optique à compensation de dispersion selon l'une quelconque des revendications 5 à 11, caractérisée en ce que la tranche centrale est en forme de trapèze.

15. Fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon la revendication 14, caractérisée en ce que la différence (Δn_1) entre l'indice maximum de la tranche centrale et l'indice de la gaine est comprise entre $14,0 \cdot 10^{-3}$ et $20,0 \cdot 10^{-3}$, en ce que le rayon (r_1) de la partie de la tranche centrale présentant un indice supérieur à l'indice de la gaine est compris entre $1,4 \mu\text{m}$ et $1,9 \mu\text{m}$,

et en ce que le rayon (r_{10}) de la partie de la tranche centrale présentant l'indice maximum de la tranche centrale est compris entre $1,31\mu\text{m}$ et $1,88\mu\text{m}$.

5 **16.** Fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon la revendication 4, caractérisée en ce que les rayons et les indices de chacune des tranches sont déterminés de manière à ce que la fibre optique à compensation de dispersion présente, à la longueur d'onde de 1550nm , une dispersion chromatique inférieure à -40ps/nm.km .

10 **17.** Fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon la revendication 16,

caractérisée en ce que la différence (Δn_2) entre l'indice minimum de la tranche enterrée et l'indice de la gaine est comprise entre $-5,5.10^{-3}$ et $0,0.10^{-3}$,

15 et en ce que le rayon extérieur (r_2) de la tranche enterrée est compris entre $3,7\mu\text{m}$ et $6,7\mu\text{m}$.

18. Fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'une quelconque des revendications 16 à 17,

20 caractérisée en ce que la différence (Δn_3) entre l'indice maximum de la tranche annulaire et l'indice de la gaine est comprise entre $1,0.10^{-3}$ et $8,0.10^{-3}$,

et en ce que le rayon extérieur (r_3) de la tranche annulaire est compris entre $6,1\mu\text{m}$ et $8,4\mu\text{m}$.

25 **19.** Fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'une quelconque des revendications 16 à 18, caractérisée en ce que la valeur du

double de l'intégrale ($S_1 = 2 \cdot \int_0^{r_1} \Delta n(r) \cdot r \cdot dr$), entre un rayon nul et le rayon (r_1) de la partie de la tranche centrale présentant un indice supérieur à l'indice de la gaine, du produit du rayon par la différence d'indice par rapport à la gaine, est comprise entre 32.10^{-3} et $52.10^{-3} \mu\text{m}^2$.

20. Fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'une quelconque des revendications 16 à 19, caractérisée en ce que la valeur du double de l'intégrale ($S_2 = 2 \cdot \int_{r_1}^{r_2} \Delta n(r) \cdot r \cdot dr$), entre le rayon (r_1) de la partie de la

5 tranche centrale présentant un indice supérieur à l'indice de la gaine et le rayon (r_2) de la partie de la tranche enterrée présentant un indice inférieur à l'indice de la gaine, du produit du rayon par la différence d'indice par rapport à la gaine, est comprise entre $-70 \cdot 10^{-3}$ et $-4 \cdot 10^{-3} \mu m^2$.

10 **21** Fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'une quelconque des revendications 16 à 20, caractérisée en ce que la valeur du double de l'intégrale ($S_3 = 2 \cdot \int_{r_2}^{r_3} \Delta n(r) \cdot r \cdot dr$), entre le rayon (r_2) de la partie de la

tranche enterrée présentant un indice inférieur à l'indice de la gaine et le rayon (r_3) de la partie de la tranche annulaire présentant un indice supérieur à l'indice
15 de la gaine, du produit du rayon par la différence d'indice par rapport à la gaine, est comprise entre $7 \cdot 10^{-3}$ et $150 \cdot 10^{-3} \mu m^2$.

22. Fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'une quelconque des revendications 16 à 21, caractérisée en ce que la valeur du triple
20 de l'intégrale ($S_{11} = 3 \cdot \int_0^{r_1} \Delta n(r) \cdot r^2 \cdot dr$), entre un rayon nul et le rayon (r_1) de la partie de la tranche centrale présentant un indice supérieur à l'indice de la gaine, du produit du carré du rayon par la différence d'indice par rapport à l'indice de la gaine, est comprise entre $40 \cdot 10^{-3} \mu m^3$ et $80 \cdot 10^{-3} \mu m^3$.

25 **23.** Fibre optique à compensation de dispersion selon l'une quelconque des revendications 16 à 22, caractérisée en ce que la tranche centrale est en forme de rectangle.

24. Fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon la revendication 23,

caractérisée en ce que la différence (Δn_1) entre l'indice maximum de la
5 tranche centrale et l'indice de la gaine est comprise entre $17,0 \cdot 10^{-3}$ et $25,0 \cdot 10^{-3}$,
et en ce que le rayon (r_1) de la partie de la tranche centrale présentant un
indice supérieur à l'indice de la gaine est compris entre $1,2\mu\text{m}$ et $1,7\mu\text{m}$.

25. Fibre optique à compensation de dispersion selon l'une quelconque
10 des revendications 16 à 22, caractérisée en ce que la tranche centrale est en
forme de trapèze.

26. Fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon la
revendication 25,

15 caractérisée en ce que la différence (Δn_1) entre l'indice maximum de la
tranche centrale et l'indice de la gaine est comprise entre $17,0 \cdot 10^{-3}$ et $25,0 \cdot 10^{-3}$,
en ce que le rayon (r_1) de la partie de la tranche centrale présentant un
indice supérieur à l'indice de la gaine est compris entre $1,2\mu\text{m}$ et $1,7\mu\text{m}$,

et en ce que le rayon (r_{1a}) de la partie de la tranche centrale présentant
20 l'indice maximum de la tranche centrale est compris entre $1,11\mu\text{m}$ et $1,70\mu\text{m}$.

27. Fibre optique à compensation de dispersion selon l'une quelconque
des revendications 4 à 26, caractérisée en ce que les rayons et les indices de
chacune des tranches sont déterminés de manière à ce que la fibre optique à
25 compensation de dispersion présente une longueur d'onde de coupure théorique
supérieure à 1600nm .

28. Fibre optique à compensation de dispersion selon l'une quelconque
des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que le profil d'indice variable du
30 cœur est successivement constitué, du centre vers la périphérie,

d'une tranche centrale d'indice maximum supérieur à l'indice de la gaine,
d'une tranche enterrée d'indice minimum inférieur à l'indice de la gaine,
d'une première tranche annulaire d'indice maximum supérieur à l'indice
de la gaine et inférieur à l'indice maximum de la tranche centrale,

- 5 d'une deuxième tranche annulaire d'indice maximum supérieur à l'indice
de la gaine et supérieur à l'indice de la première tranche annulaire.

29. Fibre optique à compensation de dispersion selon l'une quelconque
des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que le profil d'indice variable du
10 cœur est successivement constitué, du centre vers la périphérie,

d'une tranche centrale d'indice maximum supérieur à l'indice de la gaine,
d'une première tranche enterrée d'indice minimum inférieur à l'indice de
la gaine,

- 15 d'une deuxième tranche enterrée d'indice minimum inférieur à l'indice de
la gaine et supérieur à l'indice de la première tranche enterrée,

d'une tranche annulaire d'indice maximum supérieur à l'indice de la
gaine et inférieur à l'indice maximum de la tranche centrale.

30. Fibre optique à compensation de dispersion selon l'une quelconque
20 des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que le profil d'indice variable du
cœur est successivement constitué, du centre vers la périphérie,

d'une tranche centrale d'indice maximum supérieur à l'indice de la gaine,
d'une première tranche enterrée d'indice minimum inférieur à l'indice de
la gaine,

- 25 d'une tranche annulaire d'indice maximum supérieur à l'indice de la
gaine et inférieur à l'indice maximum de la tranche centrale,

d'une deuxième tranche enterrée d'indice minimum inférieur à l'indice de
la gaine.

5 **31.** Fibre optique à compensation de dispersion selon l'une quelconque des revendications 28 à 30, caractérisée en ce que les rayons et les indices de chacune des tranches sont déterminés de manière à ce que la fibre optique à compensation de dispersion présente une longueur d'onde de coupure théorique supérieure à 1550nm.

10 **32.** Fibre optique à compensation de dispersion selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que les rayons et les indices de chacune des tranches sont déterminés de manière à ce que la fibre optique à compensation de dispersion présente, à la longueur d'onde de 1550nm, une
pente de dispersion chromatique dont la valeur absolue est inférieure à 0,02ps/nm².km.

15 **33.** Fibre optique à compensation de dispersion selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que les rayons et les indices de chacune des tranches sont déterminés de manière à ce que la fibre optique à compensation de dispersion présente, à la longueur d'onde de 1550nm, une surface effective supérieure à 20μm².

20 **34.** Système de transmission à fibre optique comprenant l'association d'une fibre optique de ligne et d'une fibre optique à compensation de dispersion selon l'une quelconque des revendications précédentes, la fibre optique à compensation de dispersion étant en ligne.

25 **35.** Système de transmission à fibre optique comprenant l'association d'une fibre optique de ligne et d'une fibre optique à compensation de dispersion selon l'une quelconque des revendications précédentes, la fibre optique à compensation de dispersion étant en module.

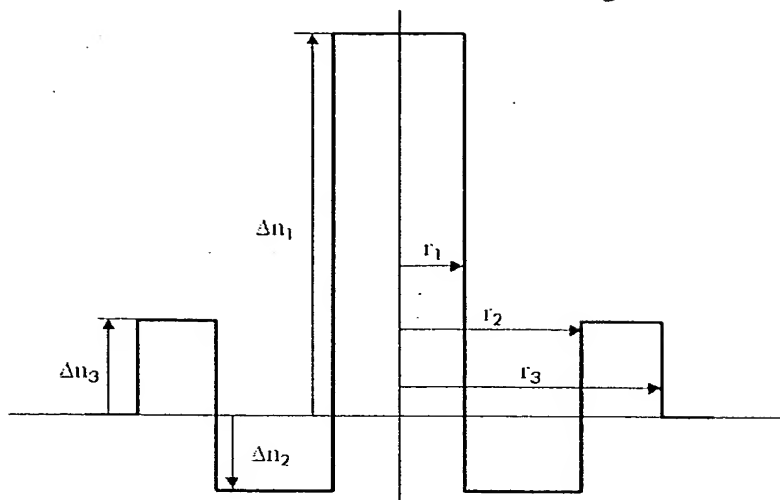


Figure 1

	r_1 (μm)	r_2 (μm)	r_3 (μm)	Δn_1 ($\times 10^3$)	Δn_2 ($\times 10^3$)	Δn_3 ($\times 10^3$)
1a	1,70	5,80	7,20	17,9	-3,0	3,1
2a	1,85	5,80	7,20	14,5	-1,6	5,0
3a	1,80	7,65	9,10	16,0	-2,0	5,0
4a	1,55	8,50	9,35	18,8	-1,7	2,1
5a	1,35	5,40	7,90	21,0	-0,4	3,8
6a	1,35	5,45	7,95	20,9	-0,4	2,5
7a	1,45	3,95	7,00	22,0	-5,0	3,8
8a	1,20	6,45	8,40	24,8	-0,4	3,9
9a	1,30	5,25	7,20	23,0	-1,7	4,9
10a	1,35	4,25	7,90	21,0	-0,4	1,0

Figure 2

	C' [ps/(nm ² ,km)] @1550 nm	C/C' [nm] @1550 nm	$2W_{02}$ [μm] @1550 nm	λ_{ch} (nm)
1a	-0,0293	922	5,17	1254
2a	0,0054	-4609	6,14	1578
3a	-0,0109	1804	5,54	1762
4a	0,0219	-1254	5,26	866
5a	0,0610	-967	5,89	1741
6a	0,0413	-1237	5,72	1598
7a	-0,0259	3824	5,28	1608
8a	0,0006	-109907	5,26	1728
9a	-0,0150	5274	5,39	1645
10a	0,0566	-811	5,64	1388

Figure 3

	S_{eff} [μm^2] @1460 nm	S_{eff} [μm^2] @1550 nm	S_{eff} [μm^2] @1625 nm	S_{eff} [μm^2] @1675 nm
1a	17	20	23	26
2a	24	29	34	39
3a	20	23	26	29
4a	18	21	24	26
5a	20	27	36	44
6a	19	25	32	38
7a	16	23	33	44
8a	16	21	27	33
9a	17	23	31	40
10a	19	24	30	35

Figure 4

	C [ps/(nm,km)] @1460 nm	C [ps/(nm,km)] @1550 nm	C [ps/(nm,km)] @1625 nm	C [ps/(nm,km)] @1675 nm
1a	-25	-27	-30	-32
2a	-25	-25	-24	-22
3a	-20	-20	-21	-23
4a	-30	-27	-26	-26
5a	-61	-59	-52	-43
6a	-53	-51	-47	-42
7a	-88	-99	-92	-78
8a	-65	-66	-65	-61
9a	-74	-79	-76	-68
10a	-50	-46	-41	-36

Figure 5

	PC10mm [dB/m] @1550 nm	PC10mm [dB/m] @1625 nm	PC10mm [dB/m] @1675 nm	PC30mm [dB/m] @1550 nm	PC30mm [dB/m] @1625 nm	PC30mm [dB/m] @1675 nm
1a	< 3	< 5	< 25	< 10^{-9}	< 10^{-8}	< 10^{-5}
2a	< 3	< 10	< 50	< 10^{-9}	< 10^{-6}	< 10^{-4}
3a	< 3	< 5	< 50	< 10^{-9}	< 10^{-7}	< 10^{-4}
4a	< 3	< 5	< 25	< 10^{-9}	< 10^{-6}	< 10^{-4}
5a	< 3	< 10	< 25	< 10^{-9}	< 10^{-7}	< 10^{-5}
6a	< 3	< 5	< 50	< 10^{-9}	< 10^{-7}	< 10^{-4}
7a	< 3	< 40	< 150	< 10^{-9}	< 10^{-5}	< 10^{-3}
8a	< 3	< 5	< 50	< 10^{-9}	< 10^{-7}	< 10^{-5}
9a	< 3	< 20	< 100	< 10^{-9}	< 10^{-5}	< 10^{-3}
10a	< 3	< 5	< 25	< 10^{-9}	< 10^{-7}	< 10^{-5}

Figure 6

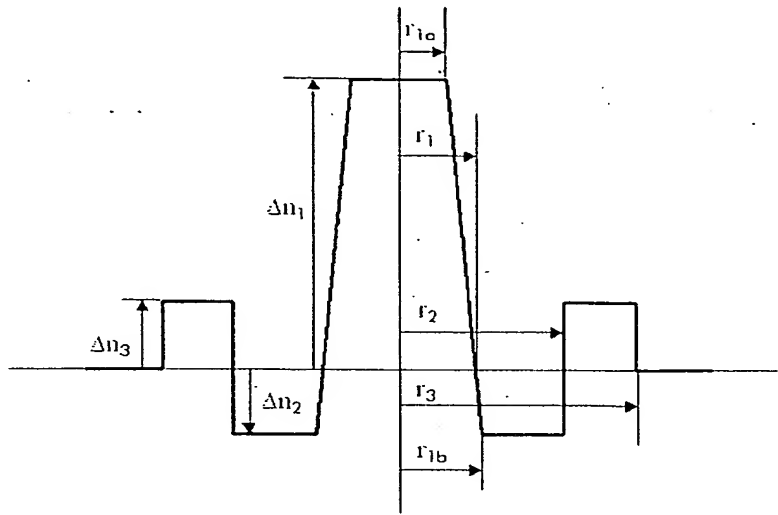


Figure 7

	r_{10} (μm)	r_1 (μm)	r_{1b} (μm)	r_2 (μm)	r_3 (μm)	Δn_1 ($\times 10^3$)	Δn_2 ($\times 10^3$)	Δn_3 ($\times 10^3$)
1b	1,40	1,85	1,90	8,50	9,15	17,9	-1,0	6,0
2b	1,35	1,85	1,90	7,15	9,20	16,9	-1,0	1,7
3b	1,40	1,85	1,90	6,95	7,90	17,5	-1,3	6,0
4b	1,35	1,50	1,50	5,85	8,00	20,4	-1,2	1,0
5b	1,20	1,40	1,45	5,60	6,90	22,2	-0,6	7,0
6b	1,20	1,30	1,35	6,50	7,90	23,4	-0,7	6,5
7b	1,15	1,65	1,70	5,95	7,10	21,0	-0,9	8,0
8b	1,20	1,30	1,35	5,90	7,05	24,0	-0,9	8,0
9b	1,15	1,65	1,70	6,20	7,35	21,2	-0,7	7,3
10b	1,20	1,60	1,70	3,70	7,75	22,3	-4,9	2,2

Figure 8

	C' [ps/(nm ² ,km)] @1550 nm	C/C' [nm] @1550 nm	$2W_{02}$ [μm] @1550 nm	λ_{cth} (nm)
1b	0,0232	-924	5,50	1565
2b	0,0167	-1455	5,75	1478
3b	-0,0029	9650	5,61	1631
4b	0,0097	-4109	5,30	1119
5b	0,0805	-807	5,80	1650
6b	-0,0200	3389	5,41	1735
7b	-0,0049	10086	5,46	1711
8b	0,0054	-13322	5,36	1683
9b	-0,0052	8872	5,40	1727
10b	-0,0863	972	5,12	1599

Figure 9

	S_{eff} [μm^2] @1460 nm	S_{eff} [μm^2] @1550 nm	S_{eff} [μm^2] @1625 nm	S_{eff} [μm^2] @1675 nm
1b	19	22	26	29
2b	21	25	29	32
3b	20	23	28	31
4b	17	21	25	29
5b	20	27	36	44
6b	17	23	30	37
7b	18	23	28	33
8b	17	22	30	36
9b	18	22	27	32
10b	16	21	28	35

Figure 10

	C [ps/(nm,km)] @1460 nm	C [ps/(nm,km)] @1550 nm	C [ps/(nm,km)] @1625 nm	C [ps/(nm,km)] @1675 nm
1b	-24	-21	-20	-19
2b	-26	-24	-23	-22
3b	-28	-28	-28	-28
4b	-41	-40	-39	-38
5b	-68	-65	-56	-46
6b	-65	-68	-67	-62
7b	-48	-49	-48	-45
8b	-70	-72	-68	-62
9b	-45	-46	-46	-44
10b	-73	-84	-86	-80

Figure 11

	PC10mm [dB/m] @1550 nm	PC10mm [dB/m] @1625 nm	PC10mm [dB/m] @1675 nm	PC30mm [dB/m] @1550 nm	PC30mm [dB/m] @1625 nm	PC30mm [dB/m] @1675 nm
1b	< 3	< 10	< 50	< 10^{-9}	< 10^{-7}	< 10^{-5}
2b	< 3	< 20	< 100	< 10^{-9}	< 10^{-5}	< 10^{-3}
3b	< 3	< 5	< 25	< 10^{-9}	< 10^{-8}	< 10^{-5}
4b	< 3	< 5	< 25	< 10^{-9}	< 10^{-7}	< 10^{-4}
5b	< 3	< 5	< 25	< 10^{-9}	< 10^{-8}	< 10^{-5}
6b	< 3	< 10	< 50	< 10^{-9}	< 10^{-7}	< 10^{-4}
7b	< 3	< 5	< 10	< 10^{-9}	< 10^{-9}	< 10^{-8}
8b	< 3	< 5	< 25	< 10^{-9}	< 10^{-8}	< 10^{-5}
9b	< 3	< 5	< 10	< 10^{-9}	< 10^{-9}	< 10^{-8}
10b	< 3	< 25	< 125	< 10^{-9}	< 10^{-5}	< 10^{-3}

Figure 12

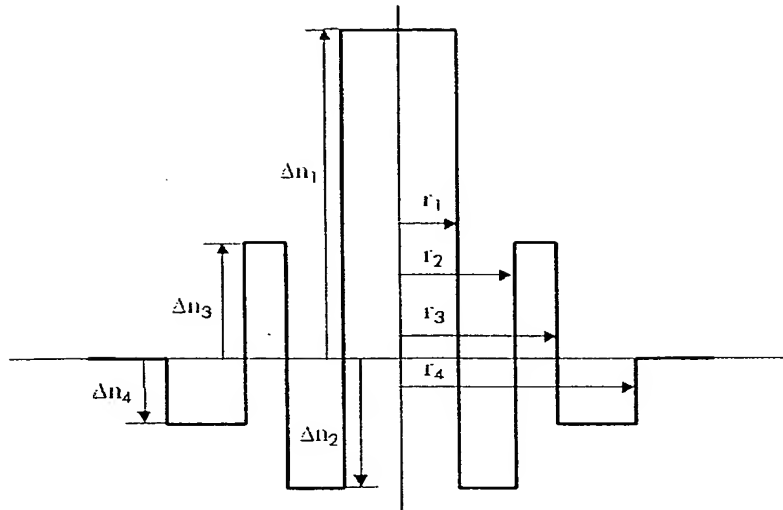


Figure 13

	r_1 (μm)	r_2 (μm)	r_3 (μm)	r_4 (μm)	Δn_1 ($\times 10^3$)	Δn_2 ($\times 10^3$)	Δn_3 ($\times 10^3$)	Δn_4 ($\times 10^3$)
1c	2,65	6,00	9,75	12,00	10,8	-3,7	5,0	-6,0
2c	1,60	3,55	4,10	7,00	19,8	-6,0	-0,1	3,7
3c	1,80	4,10	6,90	7,85	17,9	-1,4	2,9	0,8
4c	1,85	5,00	7,90	8,35	15,1	-1,8	3,0	5,0
5c	1,75	4,80	5,80	8,30	17,0	-1,6	0,5	2,0
6c	1,55	4,15	7,50	9,60	21,0	-6,0	4,7	-2,1
7c	2,05	4,30	8,90	10,20	14,4	-5,0	3,5	-4,2
8c	1,60	3,70	4,15	7,05	19,2	-3,8	2,9	3,8
9c	1,70	4,05	8,05	9,60	18,1	-6,0	4,0	-3,5
10c	1,70	4,50	10,00	11,25	17,0	-2,3	2,8	-4,0

Figure 14

	C' [ps/(nm ² ,km)] @1550 nm	C/C' [nm] @1550 nm	$2W_{02}$ [μm] @1550 nm	λ_{c1h} (nm)
1c	-0,0065	1522	6,71	1760
2c	-0,0065	12758	5,46	1607
3c	0,0217	-1167	5,60	1645
4c	0,0007	-49802	6,19	1761
5c	-0,0032	8366	5,59	1611
6c	-0,0858	1157	5,20	1606
7c	-0,0003	132667	6,13	1680
8c	0,0579	-1022	5,71	1665
9c	-0,0060	12589	5,60	1619
10c	-0,0076	6607	5,94	1760

Figure 15

	S_{eff} [μm^2] @1460 nm	S_{eff} [μm^2] @1550 nm	S_{eff} [μm^2] @1625 nm	S_{eff} [μm^2] @1675 nm
1c	30	36	43	48
2c	18	25	34	44
3c	20	24	28	31
4c	24	30	37	44
5c	20	23	27	31
6c	16	23	33	44
7c	24	30	39	47
8c	20	26	34	41
9c	19	26	37	47
10c	21	28	36	44

Figure 16

	C [ps/(nm,km)] @1460 nm	C [ps/(nm,km)] @1550 nm	C [ps/(nm,km)] @1625 nm	C [ps/(nm,km)] @1675 nm
1c	-9	-10	-10	-8
2c	-75	-83	-77	-66
3c	-27	-25	-23	-21
4c	-33	-35	-33	-30
5c	-27	-27	-27	-26
6c	-82	-99	-95	-81
7c	-37	-40	-37	-32
8c	-60	-59	-52	-43
9c	-67	-76	-69	-58
10c	-47	-50	-48	-42

Figure 17

	PC10mm [dB/m] @1550 nm	PC10mm [dB/m] @1625 nm	PC10mm [dB/m] @1675 nm	PC30mm [dB/m] @1550 nm	PC30mm [dB/m] @1625 nm	PC30mm [dB/m] @1675 nm
1c	< 3	< 5	< 10	< 10^{-9}	< 10^{-8}	< 10^{-6}
2c	< 3	< 25	< 100	< 10^{-9}	< 10^{-5}	< 10^{-3}
3c	< 3	< 5	< 10	< 10^{-9}	< 10^{-9}	< 10^{-9}
4c	< 3	< 10	< 50	< 10^{-9}	< 10^{-7}	< 10^{-5}
5c	< 3	< 5	< 10	< 10^{-9}	< 10^{-9}	< 10^{-8}
6c	< 3	< 25	< 150	< 10^{-9}	< 10^{-5}	< 10^{-3}
7c	< 3	< 10	< 50	< 10^{-9}	< 10^{-7}	< 10^{-5}
8c	< 3	< 5	< 10	< 10^{-9}	< 10^{-9}	< 10^{-8}
9c	< 3	< 20	< 100	< 10^{-9}	< 10^{-6}	< 10^{-4}
10c	< 3	< 10	< 150	< 10^{-9}	< 10^{-7}	< 10^{-5}

Figure 18

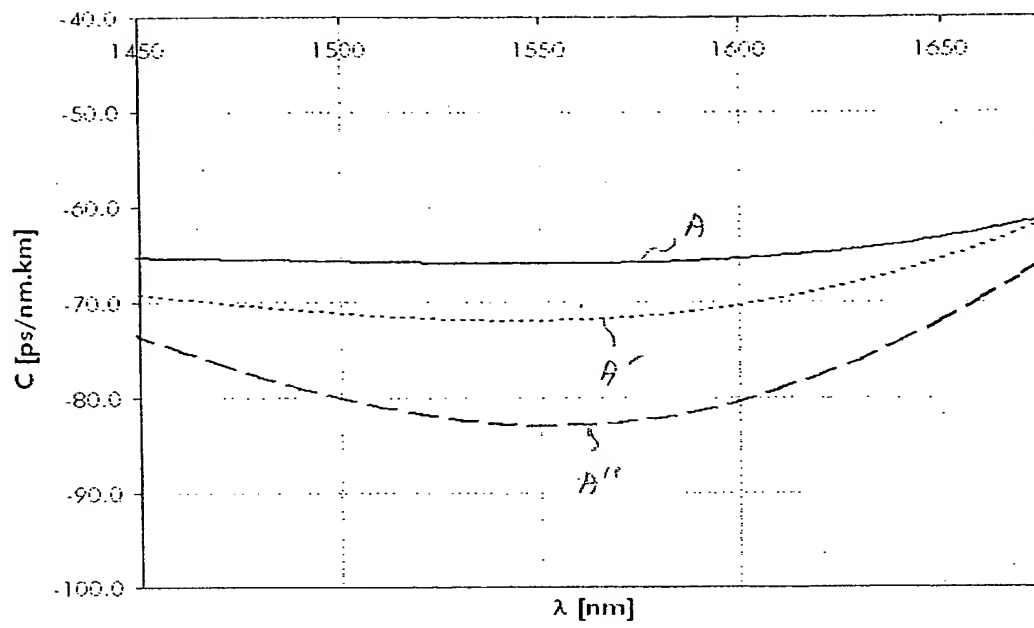


Figure 19



DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg

75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

BREVET D'INVENTION**CERTIFICAT D'UTILITÉ**

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11235*02

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° .1./2.

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W 2002/01

Vos références pour ce dossier <i>(facultatif)</i>		104271/RV/OOFD/TPM	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		0212403	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) FIBRE OPTIQUE A COMPENSATION DE DISPERSION CHROMATIQUE			
LE(S) DEMANDEUR(S) : Société anonyme ALCATEL			
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		BEAUMONT	
Prénoms		Florent	
Adresse	Rue	18, AVENUE ALFRED BERNARD	
	Code postal et ville	78700	CONFLANS STE HONORINE, FRANCE
Société d'appartenance <i>(facultatif)</i>			
Nom		SILLARD	
Prénoms		Pierre	
Adresse	Rue	2 SQUARE RAPHAËL RÉSIDENCE ORSAY	
	Code postal et ville	78150	LE CHESNAY, FRANCE
Société d'appartenance <i>(facultatif)</i>			
Nom		FLEURY	
Prénoms		Ludovic	
Adresse	Rue	RÉSIDENCE «LA FORÊT» 17, RUE JEAN RACINE	
	Code postal et ville	78390	BOIS D'ARCY, FRANCE
Société d'appartenance <i>(facultatif)</i>			
DATE ET SIGNATURE(S) XX XX XX DEMANDEUR XX DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		3 octobre 2002 Régis VIGAND 	

reçue le 24/10/02



BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg

75500 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 2./2.

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

30 113 W, 26350

Vos références pour ce dossier <i>(facultatif)</i>		104271/RV/OOOFD/TPM	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		02.12.403	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) FIBRE OPTIQUE A COMPENSATION DE DISPERSION CHROMATIQUE			
LE(S) DEMANDEUR(S) : Société anonyme ALCATEL			
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		GORLIER	
Prénoms		Maxime	
Adresse	Rue	18, RUE FOURCROY	
	Code postal et ville	75017 PARIS, FRANCE	
Société d'appartenance <i>(facultatif)</i>			
Nom		DE MONTMORILLON	
Prénoms		Louis-Anne	
Adresse	Rue	32, RUE TRUFFAUT	
	Code postal et ville	75017 PARIS, FRANCE	
Société d'appartenance <i>(facultatif)</i>			
Nom		NOUCHI	
Prénoms		Pascale	
Adresse	Rue	2 AVENUE BOSSUET	
	Code postal et ville	78600 MAISONS-LAFITTE, FRANCE	
Société d'appartenance <i>(facultatif)</i>			
DATE ET SIGNATURE(S) XXXXX DEMANDEUR(S) XX DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		3 octobre 2002 Régis VIGAND 	

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.